

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria**  
**Ingeniería Agronómica**



Proyecto Especial de Graduación  
**Estrategias nutricionales para sustituir totalmente la harina de maíz en  
dietas de gallinas ponedoras**

Estudiante

Gabriela Mailyn Wenham Ibañez

Asesores

Yordan Martínez Dr. Sc.

Patricio Paz Ph. D.

Honduras, mayo 2021

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA MARGARITA MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ROGEL CASTILLO**

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos .....	13
Ubicación del Estudio.....	13
Animales y Condiciones Experimentales .....	13
Diseño Experimental y Tratamientos.....	13
Desempeño de Producción .....	14
Peso del Huevo (g) .....	15
Consumo de Alimento (g) .....	15
Intensidad de Puesta (%) .....	15
Conversión Masal (kg/kg) .....	15
Calidad del Huevo .....	15
Peso del Huevo (g) .....	15
Altura del Albumen (mm) .....	16
Unidad Haugh .....	16
Color de Yema.....	16
Resistencia a la Ruptura (kgF/cm <sup>2</sup> ) .....	16
Grosor de la Cáscara (mm).....	16
Costos.....	16
Análisis estadísticos .....	17
Resultados y Discusión.....	18

Desempeño de Producción .....	18
Intensidad de Puesta.....	18
Peso del Huevo .....	19
Consumo de Alimento .....	20
Conversión Masal.....	20
Calidad del Huevo .....	21
Peso del Huevo .....	21
Altura de Albumen .....	22
Unidad Haugh .....	23
Color de Yema .....	23
Resistencia a la Ruptura.....	23
Grosor de la Cáscara .....	24
Costos.....	24
Conclusiones .....	25
Recomendaciones.....	26
Referencias.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y aportes nutricionales de las gallinas ponedoras Hy-Line White® (73-85 semanas) .....	14
Cuadro 2 Estrategias nutricionales para sustituir totalmente la harina de maíz en el desempeño de Producción de gallinas ponedoras Hy-Line White® (73-85 semanas) .....	18
Cuadro 3 Estrategias nutricionales para sustituir totalmente la harina de maíz en la calidad externa e interna de gallinas ponedoras Hy-line White® (73-85 semanas).....	22
Cuadro 4 Efecto de estrategias nutricionales para sustituir totalmente la harina de maiz en dietas de gallinas ponedoras Hy-Line White® (73-85 semanas) en el costo de alimento consumido y costo por huevo. ....	24

## Resumen

La competencia del uso de granos para el consumo humano y la dependencia de las importaciones de maíz y torta de soya como materia prima para elaborar dietas balanceadas, obliga buscar alimentos alternativos que puedan reemplazarlos, parcial o totalmente. El objetivo del estudio fue sustituir totalmente la harina de maíz en dietas de gallinas ponedoras de 73 semanas de edad. Las aves se distribuyeron siguiendo un diseño completamente al azar, durante 12 semanas, con tres tratamientos, 10 repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición para un total de 150 unidades experimentales. Se presentaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos en la intensidad de puesta, peso del huevo, consumo de alimento y conversión masal. Para la calidad del huevo durante la semana 80 se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en el peso del huevo entre tratamientos, a diferencia de la semana 85 no mostraron diferencias ( $P > 0.05$ ). Para la altura de albumen, unidad Haugh y grosor de la cáscara no mostraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos de la semana 80 y 85. Para el color de la yema en la semana 80 y 85 se encontraron diferencias entre los tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). Se demostró la posibilidad de sustituir totalmente la harina de maíz por dietas alternativas sin afectar negativamente el desempeño de producción y calidad del huevo. La sustitución total de harina maíz por la dieta sin maíz 1.0 reduce el costo de las dietas y el costo por huevo.

*Palabras clave:* Dietas alternativas, ponedoras, producción de huevo.

### Abstract

The competition in the use of grains for human consumption and the dependence on imports of corn and soybean meal as raw material to prepare balanced diets, makes it necessary to look for alternative feeds that can replace them, partially or totally. The objective of the study was to totally replace corn meal in diets of 73-week-old laying hens. The birds were distributed following a completely randomized design, for 12 weeks, with three treatments, 10 replicates per treatment and five birds per replicate for a total of 150 experimental units. There were differences ( $P \leq 0.05$ ) between treatments in laying intensity, egg weight, feed consumption and mass conversion. For egg quality during week 80, there were differences ( $P \leq 0.05$ ) in egg weight between treatments, but at week 85 there were no differences ( $P > 0.05$ ). For albumen height, Haugh unit and shell thickness showed no differences ( $P > 0.05$ ) between treatments at week 80 and 85. For yolk color at week 80 and 85, differences were found between treatments ( $P \leq 0.05$ ). The possibility of totally substituting corn meal for alternative diets without negatively affecting egg production performance and egg quality was demonstrated. The total substitution of corn meal for the 1.0 corn-free diet reduces the cost of the diets and the cost per egg.

*Keywords:* Alternative diets, egg production, layers.

## Introducción

En los últimos años el crecimiento económico y productivo en la industria avícola es evidente, haciendo indispensable la búsqueda de alternativas de producción que permitan integrar tres factores determinantes en los sistemas de producción animal: disminución de los costos de producción, aumento de rendimientos productivos y conservación del equilibrio ecosistémico mediante la búsqueda de modelos sostenibles de producción (Colas et al. 2018). La alimentación de las aves de corral se estima generalmente que es dos tercios de los costos totales de producción, lo cual indicaría el 60 a 70% de estos, dependiendo de la composición y tipo de dieta (Pimentel-Delgado y Montes-Castillo 2018). Este es un factor importante ya que da lugar a mantener un animal saludable y con la capacidad de cubrir los requerimientos de mantenimiento y de producción. Otros factores considerados limitantes en las dietas de las aves son la energía y los aminoácidos, ya que, son determinantes del coste de alimentación y rendimiento de la industria avícola (Colas et al. 2018).

El mayor costo, el crecimiento de la producción avícola y la dependencia de las importaciones de maíz y torta de soya como materia prima para la elaboración de dietas balanceadas, obliga a los avicultores buscar alimentos sustitutos que puedan reemplazarlos, parcial o totalmente (Cadillo et al. 2019). Debido al aumento en la demanda de alimentos balanceados, el alto costo y la poca disponibilidad de materias primas requeridas para la elaboración de estos, así como, a la creciente demanda de algunas de estas materias primas para consumo humano, se ha generado una variación en los patrones de alimentación animal tradicionalmente basados en dietas tipo maíz y soya (Campos-Granados y Arce-Vega 2016).

El maíz (*Zea mays*), es una planta de la familia de las Poáceas (gramineas); considerada uno de los granos más importantes del mundo. Se estima que cerca del 40% del maíz producido en los países tropicales, es usado para alimentación animal y en un mayor grado en la producción avícola. La composición y el aporte de nutrientes del grano de maíz destinado a la alimentación animal lo hace

una materia prima de alto valor energético, gracias a su alto contenido en almidón y grasa. Debido a su alto valor nutritivo, su utilización en la formulación de dietas para animales es muy extendida y popular alrededor del mundo (Campos-Granados y Arce-Vega 2016). Por otro lado, la harina de soya se obtiene como subproducto de la extracción del aceite por presión o por solventes y del tratamiento térmico al frijol de soya, con una reincorporación parcial de la cascarilla (Mata Arias 2017). Por su alto contenido de grasas y proteínas, el frijol soya es considerada una valiosa materia prima para su utilización en la industria destacándose la extracción de aceites y la formulación de alimentos balanceados para animales. Con este recurso es posible satisfacer las necesidades nutricionales de las líneas modernas de aves y cerdos, que exigen raciones de alta calidad nutricional y sanitaria, así como de una elevada densidad energética y proteica (Garzón-Albarracín 2010).

El poco conocimiento e información sobre el uso de alimentos o materias primas alternativos locales y su efectividad en la nutrición de gallinas ponedoras, da lugar a este estudio, que evaluó el empleo de dietas formuladas a base de ingredientes alterativos o no convencionales como harina de coquito, semolina de arroz y salvado de trigo en sustitución a ingredientes convencionales como la harina de maíz. Es una alternativa alimenticia para los avicultores que da lugar a disminuir costos de producción, máximo aprovechamiento de recursos locales, por ende, menos uso de materia prima proveniente de importaciones, generando buenos rendimientos de producción.

Actualmente, Honduras es el productor de huevos más importante de Centroamérica, pero hasta hace algunos años era un gran comprador de este producto avícola desde sus países vecinos. El sector de postura ha logrado revertir esta situación, abasteciendo su mercado interno y exportando parte de su producción de huevos (Gutiérrez 2018). Las aves de postura pueden producir más de 300 huevos/ave en un año. Además, al tener una alta tasa de conversión alimenticia, es crucial una dieta que satisfaga todos los requerimientos nutricionales para que logren expresar su potencial genético tanto para el buen desempeño productivo como para la calidad del huevo. La composición de la ración

y la forma de distribuir el alimento pueden afectar la producción y calidad de los huevos (Bouvarel et al. 2011).

El huevo es un alimento natural que contiene macro y micronutrientes, el 94% de un huevo tiene un valor nutricional para los humanos, ya que, contiene los nutrientes esenciales necesarios para una dieta adecuada y balanceada. Los huevos con mayor calidad proteica son ricos en vitaminas A, D, E, K y B, también contiene minerales como el hierro y fósforo (Duman 2020). En las explotaciones comerciales el número, tamaño y calidad interna como externa de los huevos, la capacidad de supervivencia de la ponedora, el ritmo sostenido de producción y la eficiencia en cuanto a la utilización de los piensos sigue mejorando gracias a la actual selección de estas características, así como de otras relacionadas (FAO 2013).

El concepto de recurso alimenticio alternativo hace alusión a aquel no comúnmente empleado en la elaboración comercial de alimentos balanceados para animales y que puede sustituir o reemplazar parcialmente a las fuentes convencionales de nutrientes y de energía representadas en los granos de cereales, leguminosas y harinas de origen animal (Berrío y Cardona 2001). Para la FAO (2013), los subproductos industriales como la semolina de arroz, salvado de trigo y la harina de coquito son ingredientes con alto contenido de fibra y con buena fuente proteica, pueden incluirse hasta un 40%, 15% y 30% respectivamente en la alimentación de las aves de postura. También, considera que el mayor potencial del uso de alimentos alternativos es en la alimentación de gallinas ponedoras, independientemente del sistema de producción. Considerando las diferencias fisiológicas, las ponedoras son tolerantes a altos contenidos de fibra, alimentos de baja calidad y problemas nutricionales.

La harina de coquito o palmiste es el subproducto de la extracción del aceite, proveniente del fruto de la palma africana (*Elaeis guineensis*), cultivada en zonas tropicales. El contenido de proteína bruta es superior a los granos de cereales (alrededor del 15%). La digestibilidad en monogástricos es

bastante reducida (50-65%), en consecuencia del elevado nivel de fibra (INOLOSA 2011). La semolina de arroz es un subproducto, que se obtiene del proceso de la industrialización del arroz, contiene un alto valor energético y su nivel proteico y balance de aminoácidos supera al maíz y al sorgo; es un material alto en extracto etéreo, sin embargo, es sensible a la oxidación de las grasas y descomposición del material cuando se encuentra incorrectamente almacenado. El contenido de esta grasa representa el 45% del aporte total de energía. Dentro de las ventajas nutricionales de la semolina de arroz se une el hecho ser de bajo costo con respecto a las fuentes energéticas utilizadas en la alimentación aviar y a no competir con la alimentación humana (Campos-Granados y Arce-Vega 2016).

Por último, el salvado de trigo es una buena opción para la sustitución del maíz debido a sus altos contenidos de extracto etéreo y fibra digestible, los cuales se reflejan en una buena concentración energética de este material, cuyo uso es más común en rumiantes y no tanto en monogástricos. Sin embargo, se define un nivel máximo de inclusión en la formulación de alimentos balanceados de 20-25%, pues niveles superiores podrían generar disminuciones en producción de leche, huevos y carne (Campos-Granados y Arce-Vega 2016). Cabe mencionar que, la alimentación de las gallinas destinada para la producción de huevos no solo requiere de dietas bien balanceadas si no de un programa de alimentación que produzca una polla con peso óptimo y que alcance una madurez a una edad económicamente rentable, y durante la fase de postura provea los nutrientes necesarios para mantenimiento, crecimiento y producción de huevo (González 2020).

Mediante la implementación de dietas alternativas para los diversos sistemas agropecuarios especialmente gallinas, se contribuye a la seguridad alimentaria de la población, sanidad y el bienestar animal, aumentado la biodiversidad, variabilidad genética, la disponibilidad de productos agrícolas producidos por grandes y pequeños productores. Conservando y mejorando el uso y aprovechamiento de recursos naturales, como a su vez generando nuevos conocimientos sobre alimentación,

agricultura y producción animal, mediante resultados estadísticos, información, conocimientos actualizados y fiables (Córdoba Vargas y Cuenca Carrillo 2017). Los objetivos específicos de la presente investigación fueron: Evaluar el empleo de dietas alternativas en el desempeño de producción de las gallinas ponedoras, determinar el efecto de los diferentes tratamientos en la calidad interna y externa del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line White® y evaluar el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo de gallinas ponedoras alimentadas con dietas alternativas.

## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación del Estudio**

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, a 32 km al sureste de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental tiene una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C, con una precipitación promedio anual de 1100 mm.

### **Animales y Condiciones Experimentales**

Se utilizaron un total de 150 gallinas ponedoras de la línea genética Hy-Line White® de 73 semanas de edad. Se utilizó un sistema de producción intensivo dentro de un galpón comercial de 400 m<sup>2</sup> con jaulas de 1 m<sup>2</sup>. El galpón contaba con ventiladores de techo y un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* en dos bebederos de niple por jaula y el consumo de alimento se restringió a 105 g/ave. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se empleó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Se utilizaron 15 días de adaptación a las nuevas dietas.

### **Diseño Experimental y Tratamientos**

Las aves se distribuyeron siguiendo un diseño completamente al azar, durante 12 semanas, con tres tratamientos, 10 repeticiones por cada tratamiento y cinco aves por repetición para un total de 150 unidades experimentales. Los tratamientos consistieron en dietas para eliminar totalmente la harina de maíz en las dietas de gallinas ponedoras (Cuadro 1).

**Cuadro 1**

*Ingredientes y aportes nutricionales de las gallinas ponedoras Hy-Line White® (73-85 semanas)*

Ingredientes (%)	Control	Dieta sin maíz 1.0	Dieta sin maíz 2.0
Harina de maíz	69.29	0.00	0.00
Harina de soya	16.85	14.44	14.54
Harina de coquito	0.00	5.00	26
Semolina de arroz	0.00	49.44	20.27
Salvado de trigo	0.00	10.00	10.00
Premezcla de minerales y vitaminas	0.50	0.50	0.50
Cloruro de sodio	0.35	0.35	0.35
Aceite de palma africana	0.32	7.77	15.56
Colina	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.20	0.27	0.31
L-Treonina	0.03	0.13	0.15
L-Lisina	0.17	0.12	0.20
Carbonato de calcio fino	3.84	3.93	3.87
Carbonato de calcio grueso	7.12	7.30	7.18
Biofos	1.11	0.48	0.80
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X50	0.05	0.10	0.10
Costo USD/t	379.62	349.48	376.14
Aportes nutricionales (%)			
Energía metabolizable (kcal/kg MS)	2700	2700	2700
Proteína cruda	15.52	15.52	15.52
Ca	4.24	4.24	4.24
P disponible	0.34	0.34	0.34
Lisina	0.72	0.72	0.72
Metionina+cistina	0.65	0.65	0.65
Treonina	0.51	0.51	0.51

**Desempeño de Producción**

Se midió desde la semana 73 a la semana 85 del experimento, tomando en cuenta variables como peso del huevo, consumo de alimento, intensidad de puesta y conversión masal.

***Peso del Huevo (g)***

Se realizó semanalmente a 30 huevos/tratamiento entre las 8:30am a 9:30am y se calculó el peso promedio por tratamiento.

***Consumo de Alimento (g)***

Se determinó semanalmente por medio del método de oferta y rechazo.

***Intensidad de Puesta (%)***

Para determinar la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento y se asumió como 100% un huevo/día/ave alojada.

***Conversión Masal (kg/kg)***

Se calculó teniendo en cuenta el alimento consumido, peso del huevo por repetición y el número de huevos puestos.

**Calidad del Huevo**

En las semanas 80 y 85 del experimento, se recolectaron 30 huevos por tratamiento y se determinó la calidad externa e interna del huevo en el laboratorio de calidad del huevo en el Centro de Enseñanza e Investigación Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Se utilizó un equipo automático para determinar el peso del huevo, resistencia a la ruptura, altura de la clara densa, unidad Haugh, color de la yema y grosor de la cáscara en el polo medio.

***Peso del Huevo (g)***

Se tomó en cuenta los datos de la semana 80 y 85 del experimento, los cuales fueron medidos en una balanza digital OHAUS® con una precisión  $\pm 0.1$  gramos.

***Altura del Albumen (mm)***

Se utilizó un micrómetro para medición de altura de albumen sobre un sistema Quality Cost Delivery (QCD).

***Unidad Haugh***

Las unidades Haugh se calcularon mediante la relación de la altura del albumen con el peso del huevo en gramos. Para este cálculo se utilizó el sistema QCD conectado al software informático Eggware.

***Color de Yema***

Para medirlo se utilizó el colorímetro Quality Control Cycle (QCC), el cual está basado en la gama del abanico Dutch State Mines (DSM).

***Resistencia a la Ruptura (kgF/cm<sup>2</sup>)***

Se midió por medio de un analizador de resistencia Quality Control – Shell Strength and Packaging Analyser (QC-SPA), el cual aplica presión en la línea ecuatorial del huevo y luego calcula la cantidad de fuerza en gramos que se utilizaron para quebrarlo.

***Grosor de la Cáscara (mm)***

Se midió mediante un micrómetro digital, parte del sistema QC-SPA, utilizando pedazos de la cáscara del polo medio del huevo.

***Costos***

Para determinar el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo, se utilizó el método económico-matemático con técnicas de agrupación y comparación. Para la aplicación de este

método y de sus técnicas se utilizaron fichas de costos de los ingredientes, facturas, informes de recepción y análisis económicos de la planta de concentrados y de la unidad de aves de la Escuela Agrícola Panamericana.

### **Análisis Estadísticos**

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (Anova) de clasificación simple según un diseño totalmente al azar en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios se empleó la décima de rangos múltiples de medias de Duncan.

## Resultados y Discusión

### Desempeño de Producción

En el Cuadro 2 se observa el efecto de utilizar dietas sin maíz en el desempeño productivo de gallinas ponedoras de 73-85 semanas de edad. Se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos para la intensidad de puesta. En el peso del huevo, el tratamiento control y el tratamiento sin maíz 2.0 difieren ( $P \leq 0.05$ ) con el tratamiento sin maíz 1.0, se encontró que el tratamiento sin maíz 1.0 mejoró el peso del huevo. Con respecto al consumo de alimento el tratamiento sin maíz 2.0 no difirió con los tratamientos control y sin maíz 1.0, sin embargo, se encontró una diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre el tratamiento control y el tratamiento sin maíz 1.0. Se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en la conversión masal en el T3 (sin maíz 2.0) con un promedio de 1.78, en T1 (control) con 1.73 y en el T2 (sin maíz 1.0) 1.74.

### Cuadro 2

*Estrategias nutricionales para sustituir totalmente la harina de maíz en el desempeño de Producción de gallinas ponedoras Hy-Line White® (73-85 semanas)*

Variables	Tratamientos			EE ±	Valor P
	Control	Sin maíz 1.0	Sin maíz 2.0		
Intensidad de puesta (%)	81.08 <sup>a</sup>	81.13 <sup>a</sup>	79.42 <sup>b</sup>	2.55	0.0354
Peso del huevo (g)	67.00 <sup>b</sup>	70.63 <sup>a</sup>	68.01 <sup>b</sup>	0.74	<.0001
Consumo de Alimento (g/ave/día)	93.52 <sup>b</sup>	96.75 <sup>a</sup>	94.85 <sup>ab</sup>	0.67	0.0184
Conversión Masal (kg/kg)	1.73 <sup>b</sup>	1.74 <sup>b</sup>	1.78 <sup>a</sup>	0.07	0.0197

Nota. EE ±: Error estándar

### Intensidad de Puesta

Se observó que la dieta T3 (sin maíz 2.0) disminuyó la intensidad de puesta, según Hy-Line International (2020), a partir de las 31 a 33 semanas de edad el porcentaje de

producción de huevos declina. Considerando los niveles de inclusión de ingredientes alternativos (Cuadro 1) en el T2 (sin maíz 1.0) y T3 (sin maíz 2.0); Zanu et al. (2012) indicaron, que alimentar con dietas al 15% de harina de palma afecta negativamente la producción de huevos e indicaron que puede deberse a un alto contenido de fibra cruda. A diferencia del estudio realizado por Afolabi et al. (2012), donde presentó un alto índice de puesta en gallinas locales con la inclusión de 10 a 50% de harina de palma o coquito comparado con el índice de puesta obtenido en aves alimentadas con una dieta control. Los resultados obtenidos están dentro de los parámetros óptimos, según la guía de manejo Hy-Line International (2020), donde señala que las ponedoras de la línea genética Hy-Line White® de 73 a 85 semanas de edad presentan un porcentaje de puesta entre menor a 80 hasta 84%.

### ***Peso del Huevo***

Con el segundo tratamiento sin maíz 1.0 se obtuvo mayor peso del huevo, en el Cuadro 1 se puede observar que esta dieta cuenta con mayor contenido de semolina de arroz y menor porcentaje de harina de coquito comparado al tratamiento sin maíz 2.0. La semolina es el subproducto del arroz con mayor importancia, contiene del 15 al 18% de proteína, 14 a 18% de aceite y 30 a 40% de carbohidratos digestibles, al ser desgrasado se puede incluir a niveles altos en la dieta (Ruiz2016). De acuerdo con esto Ersin Samli et al. (2006), describen que existe una relación entre el aumento del peso del huevo y los niveles más altos de semolina de arroz, esto debido al aumento de la cantidad de ácido linoleico en la dieta. Otro estudio determinó que el peso del huevo es directamente proporcional a la edad de la ponedora durante la puesta y señala que el peso inicial del huevo presentó mejor resultado con alimentos a base de salvado de trigo (Araujo Dde Magalhães et al. 2008). El tratamiento sin maíz 1.0 y sin maíz 2.0 poseen el mismo nivel de inclusión (Cuadro 1) de

salvado de trigo, se puede determinar que este alimento alternativo no presentó mayor influencia al poseer el mismo nivel de inclusión en las dietas.

### ***Consumo de Alimento***

El tratamiento sin maíz 1.0 presentó el mayor consumo de alimento esto se podría atribuir a una buena palatabilidad. Los datos obtenidos (Cuadro 2) con relación al peso de huevo y consumo de alimento, concuerdan con la guía de manejo Hy-Line International (2020), describe que la ganancia del peso del huevo se le atribuye al mayor consumo de alimento, también indica que la línea genética Hy-Line White® a las 73 hasta 85 semanas de edad tiene un promedio de consumo diario de 99 a 105 g/ave/día, se observó que los resultados están por debajo del estándar. Chong et al. (2008) y Latshaw (2008), expresan que el mayor consumo de alimento puede estar relacionado a un aumento en la densidad aparente de la dieta, originado por el aumento de la fibra dietética y/o mejor palatabilidad. Las ponedoras alimentadas con dietas altas en fibra muestran alta digestibilidad al aumento de fibra dietética (Habibollahi et al. 2019). El tratamiento sin maíz 2.0 y control respecto al peso del huevo y consumo de alimento presentaron resultados similares (Cuadro 2). Según Adrizal et al. (2011), se puede obtener un mayor consumo de alimento incluyendo de 15 a 30% de harina de palmiste, sin embargo, no se consideró como principal promotor de la ingesta de alimento, esto pudo deberse a una menor disponibilidad de nutrientes.

### ***Conversión Masal***

Se mostró mejor respuesta en el tratamiento control (1.73) y el tratamiento sin maíz 1.0 (1.74) siendo más eficientes que el tratamiento sin maíz 2.0 (1.78). Considerando el nivel de inclusión de harina de coquito en el tratamiento sin maíz 1.0, esto concuerda con García León (1997), quien describe que restringir la harina de coquito a un 10% como máximo en

dieta para aves, se encontrarían las mejores conversiones alimenticias. Esto difiere con la investigación de Afolabi et al. (2012), donde obtuvieron mejor conversión alimenticia en gallinas alimentadas con un 20 a 40% de torta de palma. De acuerdo con nuestro resultado, es normal que el índice de conversión alimenticia aumente, ya que el alimento no solo satisface las necesidades de producción sino también las necesidades de mantenimiento (Ait Kaki et al. 2020).

### **Calidad del Huevo**

En el Cuadro 3 se describen los componentes de la calidad interna y externa del huevo de gallinas ponedoras (73- 85 semanas). Durante la semana 80, el peso del huevo en el T2 (sin maíz 1.0) fue superior al T1 (control) y T3 (sin maíz 2.0) ( $P \leq 0.05$ ). Pero en la semana 85 no se encontraron diferencias significativas en el peso del huevo. Durante la semana 80 y 85 no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) para la altura de albumen, unidad Haugh y grosor de la cáscara. En cuanto al color de la yema en la semana 80 se encontraron diferencias entre los tratamientos ( $P = 0.0001$ ) y en la semana 85 se encontraron diferencias ( $P = 0.0001$ ) entre el tratamiento control con los tratamientos sin maíz 1.0 y sin maíz 2.0. Para la resistencia a la ruptura de la cáscara se encontró cambios notables ( $P = 0.016$ ) entre la dieta sin maíz 1.0 con la dieta sin maíz 2.0. En la semana 85 el uso del tratamiento sin maíz 1.0 y 2.0 disminuyeron ( $P = 0.005$ ) en la resistencia a la ruptura.

### ***Peso del Huevo***

El peso promedio del huevo en la semana 80 está por encima del promedio requerido por la línea genética (63.4 - 63.6 gramos). En este estudio, la cantidad de nutrientes en las dietas, edad de las aves (73 -85 semanas) y las condiciones ambientales fueron las mismas. Sin embargo, los resultados disminuyeron en la semana 85 en el tratamiento control y sin

maíz 1.0, con el peso promedio que reporta la guía de manejo Hy-Line International (2020). En aves de mayor edad alimentadas con ácido linoleico se puede controlar el peso del huevo (Van Niekerk 2014).

### Cuadro 3

*Estrategias nutricionales para sustituir totalmente la harina de maíz en la calidad externa e interna de gallinas ponedoras Hy-line White® (73-85 semanas)*

Variables	Tratamientos			EE ±	valor P
	Control	sin maíz 1.0	sin maíz 2.0		
<i>Semana 80</i>					
Peso de huevo (g)	68.74 <sup>b</sup>	72.15 <sup>a</sup>	68.64 <sup>b</sup>	0.87	0.003
Altura de albumen (mm)	11.03	10.76	10.89	0.25	0.740
Unidad Haugh	101.47	99.64	101.24	1.07	0.428
Color de la yema	3.40 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	2.03 <sup>b</sup>	0.10	<0.0001
Resistencia a la ruptura (KgF/cm <sup>2</sup> )	4514.27 <sup>ab</sup>	4162.73 <sup>b</sup>	4827.03 <sup>a</sup>	159.52	0.016
Grosor de la cáscara (mm)	0.36	0.37	0.38	0.01	0.313
<i>Semana 85</i>					
Peso de huevo (g)	66.70	69.03	68.98	0.92	0.129
Altura de albumen (mm)	11.38	11.15	11.50	0.19	0.418
Unidad haugh	103.51	102.10	103.68	0.84	0.345
Color de la yema	2.53 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.07	<0.0001
Resistencia a la ruptura (KgF/cm <sup>2</sup> )	4737.10 <sup>a</sup>	3976.73 <sup>b</sup>	4215.90 <sup>b</sup>	165.17	0.005
Grosor de la cáscara (mm)	0.35	0.34	0.36	0.01	0.163

Nota. EE ±: Error estándar

#### **Altura de Albumen**

En el análisis de medias de altura de albumen no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. La calidad del albumen es un factor heredado, la reducción de la calidad ha sido relacionado con aumentos de pH y reducción de la capacidad buffer de este (Galínez et al. 2014). Así mismo Tumová y Gous (2012), expresan que ocurre un descenso en la

medida de calidad del albumen con la edad de las gallinas debido a que los huevos de estas aves son más porosos.

### ***Unidad Haugh***

Para el análisis de las Unidades Haugh no se encontraron diferencias significativas entre la dieta control con los demás tratamientos (Cuadro 3). Sin embargo, en la semana 80 se presentó una diferencia de peso del huevo, aunque sin diferencias entre la altura de albumen y Unidad Haugh. Esto concuerda con Cadillo et al. (2019), no reportaron diferencias significativas ya que, al medir la calidad proteica del huevo, existe una correlación de la altura de la clara con el peso del huevo, en los que tampoco encontró diferencias. El aumento de la Unidad Haugh indica una mayor calidad del huevo. Los huevos con albuminas altas y mayores Unidades Haugh pueden almacenarse por más tiempo.

### ***Color de Yema***

Los valores del color de yema disminuyeron significativamente, el color obtenido en el grupo control se mantuvo en los tonos 2 y 3. En las dietas sin maíz se presentaron los valores más bajos, ya que los ingredientes utilizados no aportan pigmentación. Las gallinas alimentadas con maíz amarillo y harina de alfalfa ponen huevos con yemas amarillas, mientras que las gallinas alimentadas con maíz blanco, sorgo de grano, trigo o cebada producen yemas de color claro. Sin embargo, la preferencia del color de la yema varía entre los países (Jacob et al. 1998).

### ***Resistencia a la Ruptura***

La resistencia a la ruptura es un factor que mide la calidad de la cáscara del huevo, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la semana 80 y 85. La

resistencia de la cáscara la determina el metabolismo del calcio en la gallina el cual es un flujo dinámico entre el calcio aportado por el alimento y los huesos al útero. Cada huevo requiere 2 a 2.25 gramos de calcio, casi independiente del tamaño del huevo (Hy-Line® 2017). Según Hy-Line International (2020), la resistencia de ruptura de la cáscara en la semana 80 deberá ser de 3010 y en la semana 85 entre 3880 y 3890. Los resultados obtenidos fueron positivos para la semana 80 y 85 para todos los tratamientos, manteniendo por encima del promedio requerido del estándar de calidad.

### **Grosor de la Cáscara**

En el análisis del grosor de la cáscara no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, hubo un leve descenso hacia la semana 85, sin embargo, se mantuvo estable a medida aumentó la edad.

### **Costos**

En el Cuadro 4 se presentan dos indicadores de tipo económico, muestran como las dietas que sustituyen la harina de maíz al 100% puede aumentar o disminuir el costo de alimento consumido por gallina y el costo por huevo producido, quedando demostrado que el tratamiento sin maíz 1.0 donde se sustituyó totalmente la harina de maíz con la inclusión de ingredientes alternativos (Cuadro 1), permitió producir los huevos a un menor precio.

### **Cuadro 4**

*Efecto de estrategias nutricionales para sustituir totalmente la harina de maíz en dietas de gallinas ponedoras Hy-Line White® (73-85 semanas) en el costo de alimento consumido y costo por huevo.*

Tratamiento	Indicadores de costos		
	Costo USD/t	Costo de alimento consumido (USD)	Costo por huevo (USD)
Control	379.62	124.26	0.044
Sin maíz 1.0	349.48	118.39	0.042
Sin maíz 2.0	346.14	124.87	0.045

### **Conclusiones**

Durante el periodo de producción las ponedoras alimentadas con la dieta alternativa sin maíz 1.0 mostraron mayor consumo de alimento y peso del huevo que las alimentadas con la dieta control y sin maíz 2.0.

La inclusión de dietas alternativas redujo el color de yema, manteniendo los parámetros de la calidad externa e interna del huevo en gallinas de 73 a 85 semanas de edad, específicamente altura de albumen, grosor de la cáscara, resistencia a ruptura y la unidad Haugh.

Mediante el uso de la dieta sin maíz 1.0, se demostró la posibilidad de sustituir totalmente la harina de maíz con una reducción en costos, sin deprimir el desempeño de producción de las aves.

### **Recomendaciones**

Evaluar el uso de dietas a base de alimentos alternativos que sustituyan el 100% de la harina de maíz en pollos de engorde.

Estudiar la inclusión de un 100% de dietas alternativas al inicio del ciclo de producción de las gallinas ponedoras.

Introducir el uso de pigmentos en las dietas alternativas para mejorar la coloración de la yema de huevo.

## Referencias

- Adrizal A, Yusrizal Y, Fakhri S, Haris W, Ali E, Angel CR. 2011. Feeding native laying hens diets containing palm kernel meal with or without enzyme supplementations: 1. Feed conversion ratio and egg production. *Journal of Applied Poultry Research*; [consultado el 20 de jun. de 2021]. 20(1):40–49. doi:10.3382/japr.2010-00196.
- Afolabi KD, Akinsoyinu AO, Omojola AB, Abu OA. 2012. The performance and egg quality traits of Nigerian local hens fed varying dietary levels of palm kernel cake with added palm oil. *Journal of Applied Poultry Research*; [consultado el 21 de jun. de 2021]. 21(3):588–594. doi:10.3382/japr.2011-00493.
- Ait Kaki A, Moula N, Deineko T. 2020. Effect of feeding two-grain legumes, peas and faba beans, on egg quality and laying performances. *Archivos de zootecnia*; [consultado el 23 de jun. de 2021]. 69(268):461–469. eng. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7666335>.
- Araujo DdM, Da Silva JHV, Araujo JA de, Teixeira ENM, Jordão Filho J, Ribeiro MLG. 2008. Farelo de trigo na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de recria. *Revista Brasileira de Zootecnia*; [consultado el 19 de jun. de 2021]. 37(1):67–72. doi:10.1590/S1516-35982008000100009.
- Berrío AM, Cardona MG. 2001. Evaluación productiva de una dieta alternativa como reemplazo parcial de concentrado comercial en aves de postura. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*; [consultado el 13 de jun. de 2021]. 14(2):155–163. sps. <https://bit.ly/3rpqlo7>.
- Bouvarel I, Nys Y, Lescoat P. 2011. Hen nutrition for sustained egg quality. En: Nys Y, Bain M, van Immerseel F, editores. *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. Oxford: Woodhead Publishing. p. 261–299 (Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition); [consultado el 4 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/36QHiUy>.
- Cadillo J, Cumpa M, Galarza J. 2019. Rendimiento productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras alimentadas con torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) y enzimas  $\beta$ -glucanasa y xilanasa. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 30(2):682–690. doi:10.15381/rivep.v30i2.16079.
- Campos-Granados CM, Arce-Vega J. 2016. Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Nutrición animal tropical*. 10(2):91–113. doi:10.15517/nat.v10i2.27327.
- Chong CH, Zulkifli I, Blair R. 2008. Effects of Dietary Inclusion of Palm Kernel Cake and Palm Oil, and Enzyme Supplementation on Performance of Laying Hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 21(7):1053–1058. doi:10.5713/ajas.2008.70581.
- Colas M, Pérez EO, Támara Y. 2018. Influencia del hidrolizado de proteínas en el comportamiento bioproductivo en gallinas de la línea L1 White Leghorn. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 65(2):140–153. doi:10.15446/rfmvz.v65n2.75635.
- Córdoba Vargas VE, Cuenca Carrillo PA. 2017. Mejoramiento del sistema de alimentación de gallinas criollas a partir del cultivo y empleo de la semilla de lupino (*Lupinus mutabilis*) como fuente de proteína, en fincas vinculadas a la Asociación Red Agroecológica Campesina (ARAC) de Subachoque, Cundinamarca [Tesis]. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios. 83 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <https://bit.ly/3rrkDro>.

- Duman E. 2020. Physicochemical properties and oxidative stability of hen egg-yolk oils based on different laying periods. *International Journal of Innovative Research and Reviews (INJIRR)*; [consultado el 13 de jun. de 2021]. 4(2):12–16. en. <http://www.injirr.com/article/view/60>.
- Ersin Samli H, Senkoylu N, Akyurek H, Agma A. 2006. Using rice bran in laying hen diets. *JCEA*; [consultado el 21 de jun. de 2021]. 7(1):135–140. en. <https://bit.ly/3kEagPE>. doi:10.5513/jcea.v7i1.365.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, editor. 2013. Revisión del desarrollo avícola. Roma, Italia: FAO. 136 p. (Revisión del desarrollo avícola). ISBN: 978-92-5-308067-0; [consultado el 27 de may. de 2021]. <http://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>.
- Galínez R, Peña I, Albarrán Á, Prospert J. 2014. Weight-and-eggs-internal-quality-indicators-of-four-breeds-of-Venezuelan-breeding-hens. *Zootecnia tropical*; [consultado el 23 de jun. de 2021]. 32(2):207–215. <https://cutt.ly/imptOBN>.
- García León CA. dic. 1997. Utilización de harina de coquito en dietas para pollos de engorde [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 29 p; [consultado el 24 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5111/1/CPA-1997-T038.pdf>.
- Garzón-Albarracín V. 2010. La soya, principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores. La Libertad, Villavicencio, Meta, Colombia: [sin editorial]; [actualizado 2021; consultado el 13 de jun. de 2021]. *Avicultura*. <https://bit.ly/3kEtsg8>.
- González K. 2020. Alimentación de la gallina ponedora. *Actualidad Avipecuaria*; [consultado el 25 de may. de 2021]. <https://actualidadavipecuaria.com/alimentacion-de-la-gallina-ponedora/>.
- Gutiérrez MdIA. 2018. Sector de postura hondureño se destaca en Centroamérica. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 13 de jun. de 2021]. *aviNews América Latina*. <https://bit.ly/3xTRUhc>.
- Habibollahi M, Abousadi MA, Nakhaee P. 2019. The Effect of Phytase on Production Performance, Egg Quality, Calcium and Phosphorus Excretion, and Fatty Acids and Cholesterol Concentration in Hy-Line Layers Fed Diets Containing Rice Bran. *Journal of Applied Poultry Research*. 28(3):688–698. doi:10.3382/japr/pfz020.
- Hy-Line International. 2020. Management Guide: W-36 Commercial Layers. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 19 de jun. de 2021]. 32 p. <https://bit.ly/3xX1Je8>.
- Hy-Line®. 2017. Technical Update: The science of egg Quality. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de jun. de 2021]. 8 p. <https://bit.ly/2W2CWrb>.
- [INOLOSA] Industrial de Oleaginosas Americanas. 2011. Ficha Harina de Coquito. San José: INOLASA. 2 p; [consultado el 13 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/3kFddiK>.
- Jacob JP, Miles RD, Mather FB. 1998. Egg-quality [Animal Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences]. Gainesville: University of Florida. 12 p. Animal Sciences Department; [consultado el 23 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/2UzfgtX>.
- Latshaw JD. 2008. Daily energy intake of broiler chickens is altered by proximate nutrient content and form of the diet. *Poult Sci*; [consultado el 20 de jun. de 2021]. 87(1):89–95. eng. doi:10.3382/ps.2007-00173.

- Mata Arias L. 2017. Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. 2ª ed. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 158 p. ISBN: 978-9968-919-31-9; [consultado el 14 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/3itsH6D>.
- Pimentel-Delgado RE, Montes-Castillo JE. 2018. Sustitución de maíz convencional por maíz de descarte (mochote) en dietas para gallinas ponedoras Dekalb White® [Tesis]. Honduras: Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 20 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6388/1/CPA-2018-T064.pdf>.
- Ruiz B. 15 de jun. de 2016. Stabilized rice bran for poultry feeding. Feed Strategy; [consultado el 21 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/3rkAesE>.
- Tumová E, Gous RM. 2012. Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern and egg quality. *Poult Sci*; [consultado el 24 de jun. de 2021]. 91(5):1269–1275. eng. doi:10.3382/ps.2011-01951.
- Van Niekerk T. 2014. Egg quality. Reino Unido: Newcastle University; [actualizado 2014; consultado el 23 de jun. de 2021]. 4 p. Technical Note. <https://bit.ly/3rocEuT>.
- Zanu HK, Abangiba J, Arthur Badoo W, Akparibo AD, Sam R. 2012. Laying chickens response to various levels of palm kernel cake in diets. *International Journal of Livestock Production*; [consultado el 21 de jun. de 2021]. 3(1):12–16. <https://bit.ly/2Tp80At>. doi:10.5897/IJLP11.022.